

## Аналіз якості зернових хлібців за біологічною активністю та медико-біологічною оцінкою

М. Р. Мардар, С. І. Вікуль, Р. Р. Значек, Т. В. Бордун

*Досліджено та проведено аналіз контролю якості нових зернових хлібців на основі спельти з включенням рослинних добавок за біологічною активністю та медико-біологічною оцінкою. Встановлено, що рослинні добавки (порошки плодів розторопші, горобини та шипшини) володіють високою біологічною активністю. Найвищим значенням характеризуються порошки шипшини та горобини активність яких складає – 2375 ум. од., 1250 ум. од. відповідно. Значення біологічної активності спельти у 2,55 разів вище, ніж пшениці та складає 156 ум. од.*

*Введення добавок до складу хлібців підвищує біологічну активність готової продукції. Найвищу біологічну активність мають хлібці з додаванням шипшини та горобини, активність складає 300 ум. од. та 265 ум. од. відповідно. За показником біологічної активності виявлено ефект синергізму БАР складових компонентів, ефекту антагонізму не зафіксовано. На основі порівняльного аналізу біологічної активності розроблених зернових хлібців та хлібців відомих торгових марок встановлено, що нові продукти характеризується вищим значенням біологічної активності. Це свідчить про перспективність розробки та виведення на споживчий ринок нових продуктів на основі спельти.*

*Результати медико-біологічних досліджень підтверджують результати біологічної активності та свідчать, що розроблені зернові хлібці володіють антиоксидантною активністю та гепатопротекторною дією. Це підтверджують показники рівня печінкових маркерів, які свідчать про гепатопротекторну ефективність продуктів. За результатами впливу добавки на ступінь дисбіозу та на вміст МДА встановлено, що нові продукти з включенням розторопші володіють антиоксидантними властивостями.*

*За результатами досліджень обґрунтовано доцільність виробництва нових зернових хлібців на основі спельти з включенням збагачуючих добавок. Це дає можливість отримати продукти оздоровчого призначення з високою біологічною активністю та профілактичними властивостями*

*Ключові слова: біологічна активність, синергізм, зернові хлібці, спельта, медико-біологічні дослідження, рослинні добавки*

### 1. Вступ

Перше місце в системі суспільних потреб будь-якої країни світу займають першочергові потреби в їжі, незадоволення яких призводить до катастрофічних наслідків (захворювання та скорочення чисельності населення, падіння рівня працездатності та ін). Організація Об'єднаних Націй в особі свого

найважливішого підрозділу – ВООЗ – поставила харчування на перше місце в переліку індикаторів рівня життя сучасної людини [1].

Для оптимізації харчування, забезпечення надходження широкого переліку фізіологічно активних речовин у необхідній кількості та співвідношенні у світовій практиці використовуються чотири основні напрями. Перший напрям включає окреме споживання людиною комплексних препаратів вітамінів, макро- та мікроелементів. Другий заснований на доповненні добового раціону біологічно активними добавками (БАД) природного чи синтетичного походження. Наступний напрям заснований на урізноманітненні щоденних раціонів, включення до складу широкого переліку продуктів харчування з високим повноцінним вмістом харчових та біологічно-активних речовин (БАР). Четвертий заснований на збагаченні продуктів харчування, підвищення фізіологічних властивостей шляхом додаткового включення у рецептуру функціональних інгредієнтів [2]. З урахуванням соціально-економічних і демографічних умов, що склалися в Україні, національної культури та звичок харчування найбільш доступний, ефективний, безпечний і корисний, є останній варіант. У зв'язку з цим для більш повного надходження дефіцитних нутрієнтів в організм людини склалася тенденція переходу від споживання у вигляді БАДів до споживання збагачених продуктів зі скоригованими хімічним складом. Такий спосіб вважають більш доцільним до 60 % опитуваних у країнах Європи, 54 % – у США та 82 % – у країнах СНД [2–4].

Саме тому останнім часом все більшої популярності набувають харчові продукти оздоровчого спрямування, збагачені натуральними компонентами. Завдяки таким продуктам людина може зберегти своє здоров'я, задовольнити фізіологічні потреби в енергії та харчових сполуках [5]. Але при формуванні якості нових комбінованих продуктів можливі синергетичні та антагоністичні ефекти внаслідок взаємодії БАР компонентів вихідної сировини, які входять до складу рецептури. У зв'язку з цим актуальним є проведення досліджень попередньої оцінки якості нових продуктів з фізіологічної точки зору з метою обґрунтування доцільності виробництва продуктів оздоровчого спрямування.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

Останнім часом у структурі попиту споживачів відбулися перетворення, які обумовлені соціально-економічними факторами. Людина намагається до мінімуму скоротити час приготування їжі і споживати більше продуктів з високим вмістом БАР. Сучасні технології дозволяють отримувати продукти на основі різних видів сировини з такими властивостями, як висока концентрація поживних речовин та засвоювання, можливість використання без додаткової термічної обробки, тривалий термін зберігання, добра транспортабельність [1, 6]. Особливий інтерес серед споживачів викликають готові до споживання продукти – зернові хлібці, які мають добрі поживні властивості, подовжений термін зберігання. У теперішній час вченими проводяться дослідження по розробці нових зернових хлібців оздоровчого спрямування. Так, розроблені хлібці із хмельовим екстрактом, що дозволяє отримати мікробіологічно стійкий продукт з приємним ароматом, збільшити термін його зберігання [7]. Розроблені проду-

кти з підвищеним вмістом білків, вуглеводів і жирів, що мають біфідогенну активність за рахунок введення до складу продуктів комбінації пребіотика [8]. Запропоновані зернові хлібці на основі пророщеного цілнормального зерна пшениці [9]. Запатентовано повітряний зерновий продукт зі шматочками зерна з рівномірно розподіленим ароматом [10]. В Україні хоч проводяться дослідження з даного напрямку, однак асортимент зернових хлібців, який представлений на українському ринку мінімальний [11] і потребує розширення та оптимізації компонентного складу. Також недостатня увага приділяється використанню спельти як цінної сировини при виробництві нових зернових продуктів, а саме – зернових хлібців. У зв'язку з цим розширення асортименту зернових хлібців підвищеної харчової та біологічної цінності на основі високоцінної сировини – спельти з включенням натуральних добавок рослинного походження є актуальним. У якості збагачуючих добавок пропонуємо використовувати порошки плодів розторопші, шипшини та горобини, котрі характеризуються підвищеною біологічною цінністю.

Спельта (*Triticum spelta* L.) цінується за високий вміст білків, ліпідів, харчових волокон (ХВ) та БАП [12]. Відрізняється за розподілом поживних речовин у зерні. У сучасних сортах пшениці всі корисні компоненти зосереджені в основному в оболонці і зародку, на відміну від спельти, де всі цінні нутрієнти рівномірно розподілені в зерні, тому під час помелу не втрачаються і переходять у борошно [13]. Вміст вуглеводів у спельті менший ніж у звичайній пшениці. Але, слід зазначити, що вона містить особливий тип розчинних вуглеводів – мукополісахариди (mucopolysaccharides), які здатні зміцнювати імунну систему, знижують рівень холестерину, регулюють процеси згортання крові [12, 14]. Спельта містить менше редуруючих цукрів і має низьку цукроутворюючу здатність у порівнянні з традиційними видами пшениці. Вміст білка доходить до 19,5 %, він містить близько 20 % альбуміну і глобулінів [12, 15]. Засвоюваність білків спельти – 80,1 %, пшениці – 78,9 % [16]. Суттєвою перевагою спельти у порівнянні з генетично близькою до неї пшеницею м'якою є значно менший вміст білка глютену, який викликає у людини целіакову хворобу [12]. У порівнянні з пшеницею, спельта має вітаміни групи В, Е, ніацин та в середньому на 30–60 % вищий вміст мінеральних речовин (Fe, Cu, Mg, P, K, Zn, Se) [17].

У даний час, через свої унікальні цілющі властивості все більшої популярності набуває розторопша (*Silybum marianum*) [18]. Плоди розторопші плямистої містять у своєму складі до 35 % жирної олії, 15–18 % білків, моно- і дисахариди, 26 % клітковини, жиророзчинні (А, D, Е, К, F) і водорозчинні (групи В) вітаміни, мікроелементи (Se, Zn, Cu і ін.), ферменти, ХВ, слизу до 5 %, фенольні сполуки, в т.ч. флаволігнани 2–3 %, азотовмісні сполуки: бетанін, смоли, до 0,1% ефірної олії та інші речовини [18, 19]. Флаволігнани розторопші сприяють збільшенню поглинання кальцію кістковими тканинами, а також виявляють в 10 разів вищу антиоксидантну активність, ніж токоферол [20]. Відмінною особливістю розторопші є наявність в її насінні флавоноїду силімарину, який володіє сильною гепатопротекторною та антиоксидантною дією [18, 19]. Усі представлені факти про хімічний склад свідчать, що

розторопша характеризується високою антиоксидантною активністю. Але, інформації щодо біологічної активності розторопші та як технологічний процес формування продуктів впливає на її властивості при взаємодії з іншими компонентами продуктів не має. Все це викликає інтерес вивчення даного питання.

Високим вмістом вітаміну С (1200–1800 мг/100 г) характеризується шипшина (*Rosa canina L.*), яка також містить вітаміни В<sub>2</sub> (до 3 мг %), Р, К, β-каротин (18 мг %); пектини (до 4,0 %); олеїнову, лінолеву, ліноленову, лимонну, яблучну і аскорбінову (4–6 %) кислоти; цукор (18 %); дубильні речовини (4,5 %) і ефірну олію, антоціанові речовини, флавоноїди, катехіни [21]. У плодах шипшини знайдені солі К, Na, Са, Mg. Р, Fe та ін. Шипшина містить також Se, який має антиоксидантну активність, покращує роботу серцево-судинної системи і сприяє підвищенню імунітету [22]. Високе значення антиоксидантної активності плодів шипшини забезпечують комбінації синергістів – полісахаридів і органічних кислот з фенольними антиоксидантами: флавоноїдами (гіперозид, рутин, астрагалін, глікозиди кемпферол), кислотами (галола, корична, ферулова, елагова), антоціанами, дубильними речовинами і високим вмістом аскорбінової кислоти [21, 22]. Плоди шипшини стимулюють окиснювально-відновні процеси в організмі людини за рахунок участі аскорбінової кислоти в окиснювальному дезамінуванні ароматичних амінокислот, активації ряду ферментних систем. Вони також підвищують стійкість організму до шкідливих екзогенних факторів та інфекцій [23]. Високі профілактичні властивості шипшини обумовлюють її як перспективну натуральну добавку, яку доцільно використовувати при розробці нових продуктів оздоровчого харчування. Але інформації стосовно того, як БАР шипшини будуть вести себе при взаємодії з іншими компонентами харчових систем, не має. Тому доцільно вивчити, який ефект міжмолекулярної взаємодії буде проявлятися між БАР компонентів при формуванні якості нового продукту.

При збагаченні зернових хлібців запропоновано використовувати плоди горобини (*Sorbus*). Плоди містять: цукри; кислоти; ефірну олію, мікроелементи, вітаміни (каротиноїди, токоферол, рибофлавін, вітамін Р); антоціани – 795 мг/%, дубильні речовини – 610 мг/%, фосфоліпіди – 70,4 мг/%, пектинові речовини – 2 % [24]. Основними антоціанами плодів горобини є ціанідин - 3-глюкозид, ціанідин-3-галактозид і ціанідин-3-арабінози. Сумарний вміст антоціанів у горобині невеликий і складає близько 13,6 мг/100 г свіжих плодів [24–26].

Також можна відзначити, що з флавоноїдів, присутніх у плодах горобини, шипшини, відзначають рутин, кверцетин, ізокверцетин. Але, домінуючим компонентом у сировині горобини і шипшини є рутин. За оцінками різних авторів сумарний вміст флавоноїдів у плодах горобини і шипшини становить 0,2–0,4 % [24, 25].

Використання добавок у вигляді порошків розторопші, шипшини та горобини, при збагаченні зернових хлібців на основі спелти дозволить значно

розширити асортимент продукції оздоровчого призначення, урізноманітнити та збагатити традиційне харчування українців.

Але необхідно враховувати, що при розробці багатокomпонентних харчових продуктів з заданими профілактичними властивостями необхідним є проведення медико-біологічних досліджень, які потребують досить тривалого часу та матеріальних витрат. Альтернативою є показник біологічної активності. Даний критерій враховує два основних фактора: міжмолекулярну взаємодію компонентів, що входять до складу збагачуючих рослинних добавок та кооперативний внесок біологічно-активних компонентів в інтенсивність електронного транспорту, моделюючого енергетичний гомеостаз організму [27, 28]. Даний показник поширено використовують при аналізі складних харчових систем для виявлення синергетичних та антагоністичних ефектів, які виникають при взаємодії БАР.

### **3. Ціль та задачі дослідження**

Проведені дослідження ставили за мету контроль якості нових зернових хлібців на основі спельти з включенням рослинних добавок за біологічною активністю (в умовах *in vitro*) та за медико-біологічною оцінкою (в умовах *in vivo*).

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні задачі:

- провести моніторинг біологічної активності (БА) нових зернових хлібців та компонентів, які входять до рецептури нових продуктів;
- виявити ефект синергізму та антагонізму міжмолекулярної взаємодії БАР компонентів, які входять до рецептури зернових хлібців;
- провести медико-біологічні дослідження нових зернових хлібців, на прикладі хлібців з включенням порошку плодів розторопші;
- надати рекомендації, щодо можливості використання нових зернових хлібців у оздоровчому харчуванні населення.

### **4. Матеріали та методи дослідження біологічної активності та медико-біологічних досліджень**

#### **4. 1. Досліджувані матеріали, що використовувались в експерименті**

Для проведення експерименту в якості об'єктів дослідження використовували пшеницю спельта (*Triticum spelta* L.), збагачуючі рослинні добавки: порошок плодів розторопші (*Silybum marianum*), порошок плодів шипшини (*Rosa canina* L.) та порошок плодів горобини (*Sorbus*), а також нові зернові хлібці на основі перелічених компонентів. Тонкодисперсні порошки збагачуючих рослинних добавок (розміром до 0,25 мм) були отримані методом сублімаційної сушки. Даний метод дозволяє максимально зберегти корисні речовини рослинних добавок, зокрема вітамінів, ферментів та інших речовин.

За попередньо розрахованою рецептурою [29] всі вихідні компоненти зернових хлібців піддавали просіюванню, магнітному очищенню і дозуванню. До підготовлених сухих інгредієнтів додавали воду і перемішували протягом 5 хвилин до одержання однорідної маси й перерозподілу поверхнево зв'язаної вологи. Отриману суміш направляли у спеціальний апарат для виробництва

цільозернових спучених зерен марки УВХ-80х8 (Україна), де відбувалося її термічне і механічне оброблення при рекомендованих для даного обладнання режимах: тривалість 8 с,  $P=2,5 \dots 5$  МПа. У результаті отримували зернові хлібці у формі круглих брикетів: контроль – хлібці зі спельти; зразок 1 – хлібці зі спельти з включенням 5 % порошку плодів розторопші; зразок 2 – хлібці зі спельти з включенням 5 % порошку шипшини; зразок 3 – хлібці зі спельти з включенням 5 % порошку горобини.

#### 4. 2. Методики визначення показників якості зернових хлібців

Для оцінки синергетичних і антагоністичних ефектів антиоксидантних властивостей нових зернових хлібців на основі спельти та збагачуючих рослинних добавок використовували показник БА [28, 30].

Основою методу оцінки *біологічної активності* зернових хлібців прийнята електронно-транспортна модель –  $\text{NAD} \cdot \text{H}_2 - \text{K}_3 [\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (рис. 1).

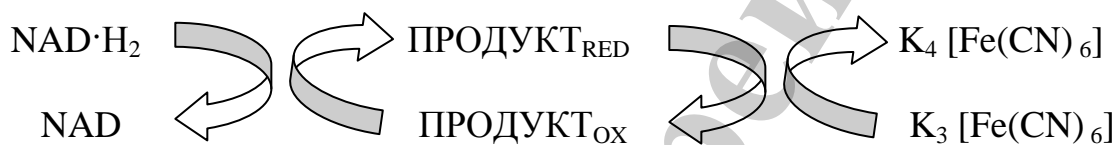


Рис. 1. Електронно-транспортна модель  $\text{NAD} \cdot \text{H}_2 - \text{K}_3 [\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Критерій оцінки БА заснований на каталізі перенесення електрона продуктом у системі «відновлений нікотинамідаденіндинуклеотид - фериціанід калію».

Будь-які відхилення від фізіологічного контролю, наприклад голодування, або захворювання, супроводжується зниженням  $\text{NAD}/\text{NAD} \cdot \text{H}_2$ . При цьому, збільшення концентрації  $\text{NAD}$  створює умови для активації енергетичного гомеостазу [27, 30].

У клітині переважають процеси, механізм яких включає окислення  $\text{NAD} \cdot \text{H}_2$  до  $\text{NAD}$  і цей механізм перенесення електронів від окислюваного субстрату до кисню є головним джерелом енергії для росту і розвитку клітини. Таким чином, переходи  $\text{NAD} - \text{NAD} \cdot \text{H}_2$  суттєві для редокс – властивостей клітин і регулюють внутрішньо-клітинні метаболічні процеси [28, 30].

Здатність різних БАР рослинних компонентів викликати неферментне окиснення  $\text{NAD} \cdot \text{H}_2$  до  $\text{NAD}$  і одночасно відновлювати  $\text{Fe}^{+3}$  до  $\text{Fe}^{+2}$  показує, що ці речовини можуть підвищувати загальну БА продукту [28, 30].

БА вимірювали по зміні швидкості окиснення  $\text{NAD} \cdot \text{H}_2$  до  $\text{NAD}$  у контрольних та дослідних зразках за методикою, яка наведена у патенті UA107506 Україна [30].

Медико-біологічні дослідження проводили на лабораторних тваринах (білих щурах лінії Вістар) в умовах *in vivo*. Для кожного дослідження піддослідних тварин годували спеціальним комбікормом, до складу якого включали контрольний або досліджувані зразки зернових хлібців у кількості 10

% від загальної маси раціону. Дослідження зернових хлібців були проведені на 35 білих щурах (самці, 4 місяці, середня жива маса 250 г). Щурів розподілили на V груп: I група – норма; II група – потрійна патологія (високожировий раціон + імунodefіцит + дисбіоз), надалі «патологія»; III група – патологія + зернові хлібці на основі спельти без введення добавок; IV група – патологія + зернові хлібці на основі спельти з розторопшою.

Високожировий раціон отримували шляхом включення до комбікорму 15 % соняшникової олії. Імунodefіцит створювали шляхом введення цитостатика циклофосфана в дозі 25 мг/кг через день протягом 20 днів. Дисбіоз викликали шляхом введення з питною водою антибіотика лінкоміцину в дозі 60 мг/кг щодня протягом п'яти днів. Евтаназію тварин здійснювали на 21-й день під тіопенталовим наркозом (20 мг/кг) шляхом тотального кровопускання з серця. Отримували сироватку крові та зсікали частину печінки. У сироватці крові визначали наступні «печінкові» маркери: вміст білірубіну, активність аланінтрансамінази і активність лужної фосфатази.

У гомогенаті печінки (50 мг/мл 0,05М трис-НСІ-буфера рН 7,5) визначали рівень маркерів запалення: вміст малонового діальдегіду (МДА), активність уреази (показник мікробного обсіменіння), активність антиоксидантного ферменту каталази.

За співвідношенням активності каталази і вмісту малонового діальдегіду розраховували антиоксидантний-прооксидантний індекс (АПІ), а за співвідношенням відносних активностей уреази – ступінь дисбіозу по Левицькому [31].

Під час проведення досліджень експерименти здійснювались у трикратному повторі. Для визначення істинних значень дослідних показників вимірюваних величин і проведення кореляційного аналізу здійснювали математико-статистичну обробку експериментальних даних, які обробляли за методом Фішера-Стьюдента за рівня надійності не менше 0,95.

## **5. Результати досліджень біологічної активності та медико-біологічних досліджень нових зернових хлібців**

### **5.1. Моніторинг БА нових зернових хлібців і компонентів, які входять до їх рецептури, встановлення ефекту синергізму та антагонізму міжмолекулярної взаємодії БАР компонентів**

Для обґрунтування доцільності виробництва нових зернових хлібців оздоровчого спрямування на основі спельти, проведені порівняльні дослідження БА спельти німецького походження «Schwabenkorn» та пшениці сорту «Куяльник». Вибір саме цих видів пшениці для виробництва нових зернових хлібців обґрунтовано нами на основі проведених раніше досліджень.

Порівняльні дослідження БА зернових культур: пшениці сорту «Куяльник» та спельти «Schwabenkorn» наведено на рис. 2, а також збагачуючих добавок (порошку розторопші, шипшини, горобини), які включали до складу нових зернових хлібців на рис. 3. Результати експериментальних досліджень свідчать, що БА спельти у 2,55 разів вище, ніж пшениці. На наш погляд, це пов'язано поліпшеним амінокислотним складом спельти по відношенню до пшениці. Це

підтверджується як проведеними нами експериментальними дослідженнями амінокислотного складу зернових культур (рис. 4) так і літературні даними [32]. Експериментальні дослідження свідчать, що спельта характеризується підвищеним вмістом лізину по відношенню до пшениці в 1,3–1,4 рази. Вміст сірковмісних амінокислот (метіоніну і цистину) в середньому в 1,8 разів вище порівняно з пшеницею. У спельті по відношенню до пшениці відбувається збільшення перерахованих незамінних амінокислот у середньому в 1,6 разів. Отримані результати корелюють з літературними даними, відповідно яких вміст у спельті валіну, лейцину, ізолейцину, суми метіоніну + цистеїну, лізину більше, ніж у пшениці [32].

На основі експериментальних досліджень БА (рис. 3) встановлено, що здатність БАР рослинних добавок (розторопші, шипшини, горобини) окислювати  $\text{NAD}\cdot\text{H}_2$  до  $\text{NAD}$  є різною. Так, найбільшою БА володіють порошки шипшини та горобини активність яких складає – 2375 ум. од., 1250 ум. од. відповідно. БА розторопші склала: 213 ум. од. Таку розбіжність значення показника БА між рослиною сировиною можна пояснити різним складом БАР, які проявляють антиоксидантні властивості. Так, наприклад, шипшина характеризується високою БА, за рахунок наявності у її складі речовин-антиоксидантів, а саме, флавоноїдів, антоціанів, аскорбінової кислоти [21–23, 26]. Що стосується горобини, яка за результатами досліджень показує високе значення БА, то вона також характеризується високим вмістом вітаміну Р, токоферолу, антоціанів [24, 25], тобто речовин, які обумовлюють високу антиоксидантну активність.

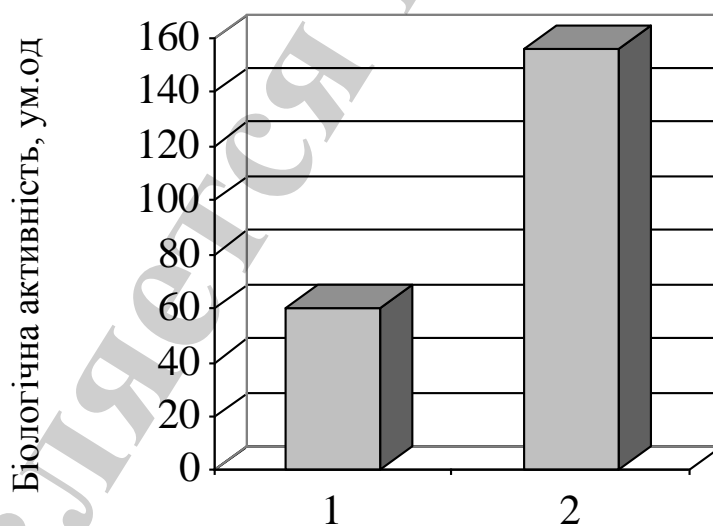


Рис. 2. Біологічна активність зернових культур: 1 – пшениця; 2 – спельта

На наступному етапі проведені дослідження БА готових продуктів. Для цього на основі результатів попереднього розрахунку рецептурного складу [27] вироблені дослідні зразки хлібців: зразок 1 – хлібці зі спельти з включенням 5 % порошку плодів розторопші; зразок 2 – хлібці зі спельти з включенням 5 %



порошку шипшини; зразок 3 – хлібці зі спельти з включенням 5 % порошку горобини.

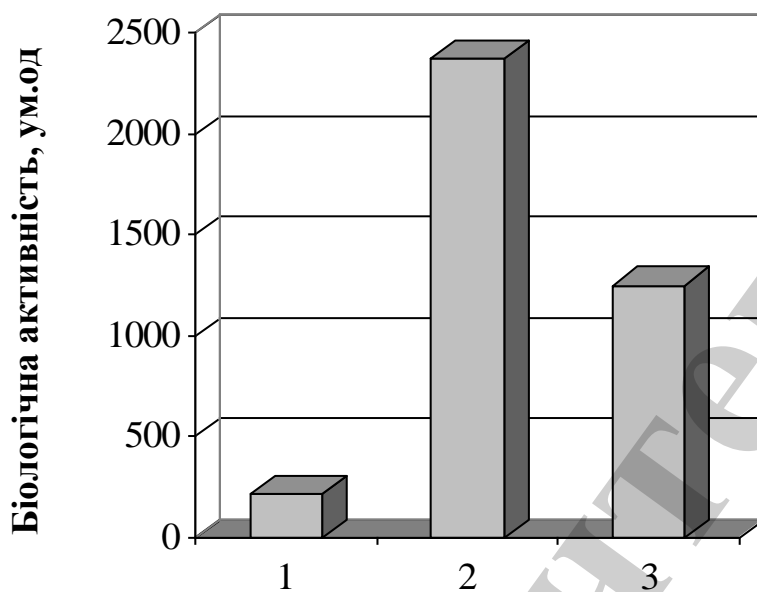


Рис. 3. Біологічна активність рослинної сировини: 1 – розторопша, 2 – шипшина, 3 – горбина

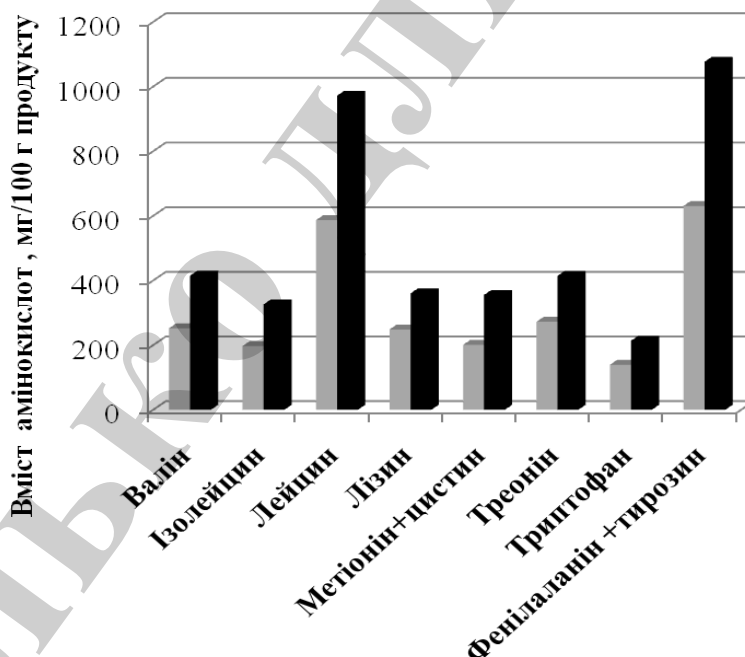


Рис. 4. Амінокислотний склад зернових культур: 1 – пшениця; 2 – спельта

БА дослідних зразків приведено на рис. 5. В якості контролю обрано зразок хлібців зі спельти без додавання збагачуючих добавок, БА якого склала 153 ум.од. Результати досліджень свідчать, що введення рослинних добавок до складу зернових хлібців суттєво впливає на їх БА, причому спостерігаються значна різниця показника у залежності від виду добавки. Так, найбільшу БА

мають хлібці з додаванням шипшини та горобини (зразки 2 та 3), активність склала 300 ум. од. та 265 ум.од. відповідно. На наш погляд це закономірно, т. я. добавки, які вводять до складу хлібців (горобина та шипшина) характеризуються високою БА (рис. 3). За рахунок включення даних видів збагачуючих добавок спостерігається ефект синергізму взаємодії БАР складових компонентів. Стосовно першого зразка БА хлібців при додаванні порошку розторопші збільшується в 1,3 рази по відношенню до контролю. У даному випадку також встановлено ефект синергізму, але не такий значний як у попередніх зразках. Ефекту антагонізму при використанні даної добавки не зафіксовано.

На основі експериментальних досліджень встановлено, що обрані рослинні добавки (порошки шипшини, горобини, розторопші) біологічно активні і внесення їх до рецептури хлібців на основі спельти дає можливість отримати харчові продукти оздоровчого призначення з високою БА.

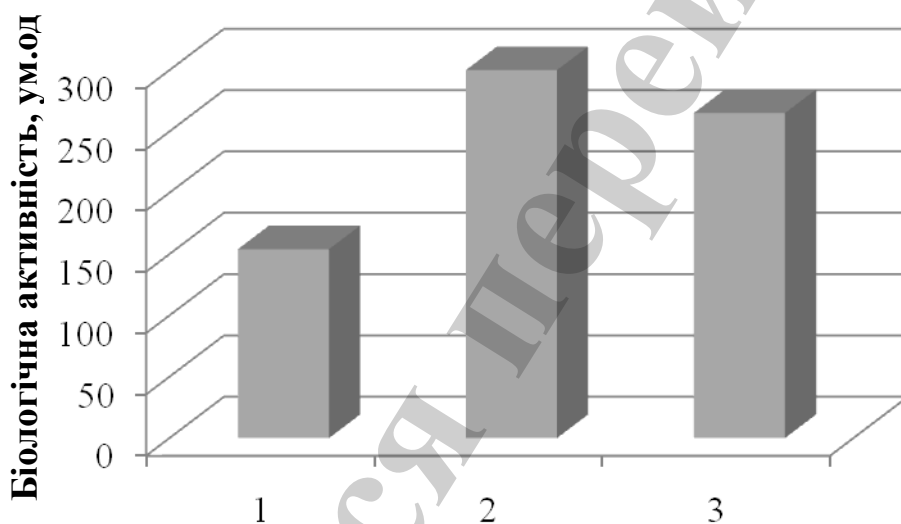


Рис. 5. Біологічна активність зернових хлібців:  
1 – зразок 1; 2 – зразок 2; 3 – зразок 3

З метою обґрунтування доцільності розробки нових зернових хлібців на основі спельти нами проведено аналіз асортименту зернових хлібців, які реалізуються у торговельній мережі м. Одеси та виявлено, які хлібці та яких торгових марок (ТМ) користуються найбільшим попитом серед споживачів [11]. У найбільш популярних зразках ТМ «Хрумтік» (Україна) та ТМ «Крекіс» (Україна) проведено аналіз БА. Результати експериментальних досліджень свідчать, що усі зернові хлібці БА, оскільки швидкість перенесення електрону в системі  $\text{NAD}\cdot\text{H}_2 - \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  збільшується у присутності у 5–100 разів, що свідчить про наявність антиоксидантної дії рослинної сировини, яку використовують при виробництві даних харчових виробів. Серед зернових хлібців ТМ «Хрумтик», найбільшу БА мають зернові хлібці пшеничні – 100 ум. од. та зернові хлібці пшенично-вівсяні – 97 ум.од., найменшу БА зернові хлібці пшенично-гречані – 63 ум. од. У той же час БА зернових хлібців ТМ

«Крекіс» (Україна) приблизно на 40–50 % нижче, ніж у хлібців ТМ «Хрумтік» (Україна). Активність складала: пшеничних – 58 ум.од., пшенично-гречаних – 56 ум. од., пшенично-вівсяних – 50 ум. од.

На основі порівняльного аналізу БА розроблених зернових хлібців та хлібців відомих ТМ встановлено, що нові продукти характеризується більшим значенням БА. Отримані результати свідчать про перспективність розробки та виведення на споживчий ринок нових хлібців на основі спельти.

## **5. 2. Медико-біологічні дослідження нових зернових хлібців, з включенням порошку плодів розторопші**

Для підтвердження біологічної дії нових зернових хлібців проведені медико-біологічні дослідження в умовах *in vivo* з метою обґрунтування можливості використання хлібців у профілактичному харчуванні. Для медико-біологічних досліджень обрані зразки: хлібці зі спельти (контроль) та хлібці з додаванням порошку розторопші у кількості 5 % (зразок 1), який мав найменше значення за показником БА, ніж зразки з включенням шипшини та горобини. У зв'язку з цим викликало інтерес провести дослідження саме у цьому зразку.

На рис. 6 представлені результати визначення в сироватці рівня «печінкових» маркерів (вміст білірубіну, активність аланінтрансферази і активність лужної фосфатази).

На основі отриманих результатів встановлено, що при моделюванні трістої патології (високожировий раціон, імунодефіцит та дисбіоз) всі три печінкових маркера достовірно підвищують свій рівень. При згодовуванні щурам хлібців без добавок (контроль) трохи знижується рівень маркерів. У той же час хлібці, що містять порошок плодів розторопші, достовірно знижують рівень печінкових маркерів практично до норми, що свідчить про високу гепатопротекторну ефективність хлібців з включенням плодів розторопші.

Експериментальні дані по рівню маркера запалення (МДА) представлені на рис. 7. Встановлено, що рівень МДА знижується у печінці щурів, які споживали зернові хлібці на основі спельти з розторопшею. На наш погляд це обумовлено наявністю у розторопші БАР, які обумовлюють антиоксидантні властивості, а саме, флаволігнани, селен [18, 20]. Вченими також встановлено, що флаволігнани розторопші виявляють в 10 разів вищу антиоксидантну активність, ніж токоферол [18, 20–21].

Антиоксидантні властивості нових зернових хлібців оцінювали при моделюванні дисбіозу (рис. 8). Для моделювання був обраний саме дисбактеріоз, оскільки на сьогоднішній день це є одним з найпоширеніших порушень внутрішнього балансу організму людини. При проведенні досліджень встановлено, що при моделюванні патології ступінь дисбіозу зростає в 12 разів, але знижується після згодовування щурів хлібцями на основі спельти (контроль) та хлібцями на основі спельти з розторопшею (зразок 1).

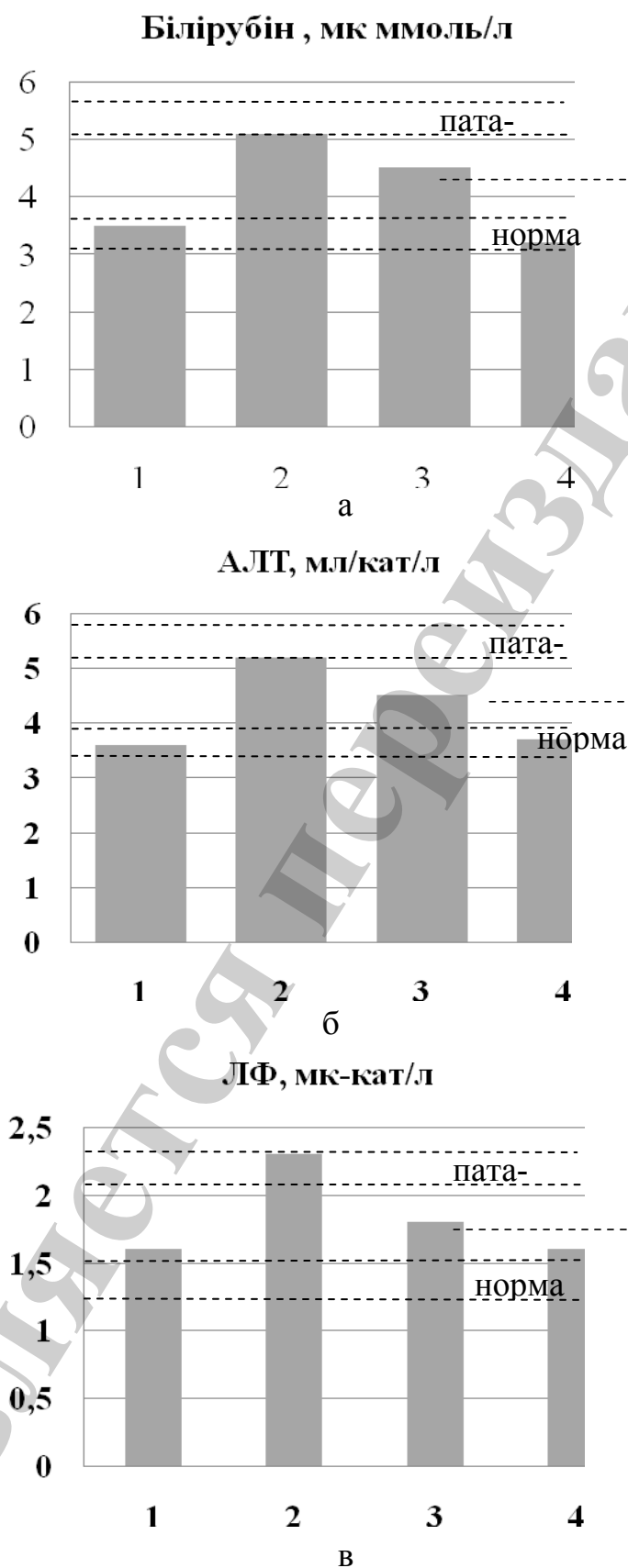


Рис. 6. Вплив харчових добавок на рівень у сироватці крові щурів «печінкових» маркерів: 1 – норма, 2 – патологія (П), 3 – П+контроль, 4 – П+зразок 1; а – вміст білірубіну; б – активність аланінтрансамінази; в – активність лужної фосфатази

Ймовірно це обумовлено хімічним складом як самої спельти так і збагачуючої рослинної добавки – розторопші. Так, спельта характеризується високим вмістом антиоксидантів. Містить сірковмісні амінокислоти (цистеїн, метіонін) (рис. 2), мінеральні речовини (Zn, Se, Mg) [12–16], поліфеноли [32], а саме ці речовини характеризують антиоксидантні властивості сировини [33]. Що стосується розторопші, то її відмінною рисою є наявність в її насінні флавоноїду силімарину, який володіє сильною гепатопротекторною та антиоксидантною дією [18, 20].

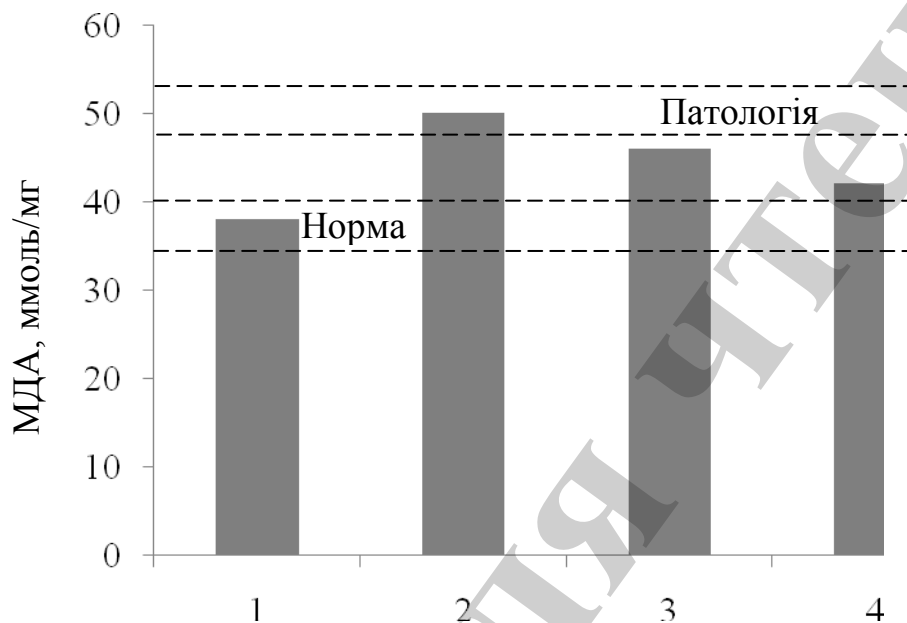


Рис. 7. Вплив харчових добавок на вміст МДА в печінці щурів з комбінованою патологією 1 – норма, 2 – патологія (П), 3 – П+контроль, 4 – П+зразок 1

Для розрахунку АПІ визначали вміст в печінці активності каталази (табл. 1). Результати розрахунку АПІ наведено на рис. 9.

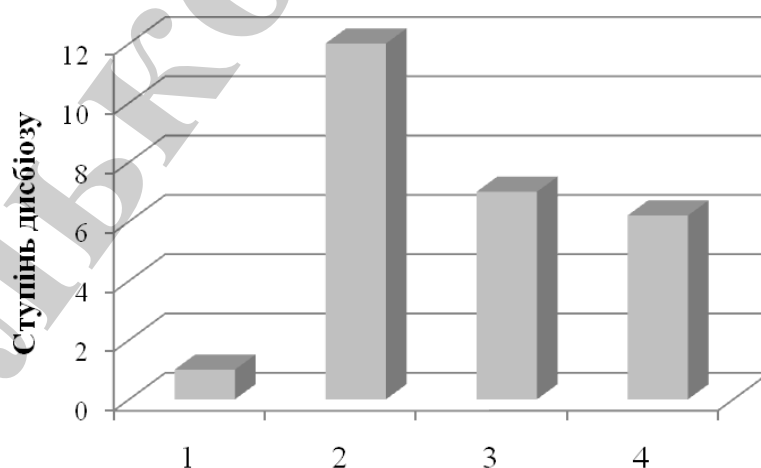


Рис. 8. Вплив харчових добавок на ступінь дисбіозу в печінці щурів з комбінованою патологією: 1 – норма, 2 – патологія (П), 3 – П+контроль, 4 – П+зразок 1

Таблиця 1

Вплив харчових добавок на активність каталази в печінці щурів з комбінованою патологією (всі групи по 7 щурів)

№ п/п	Групи	Каталаза, мкат/кг
1	Норма	5,93±0,20
2	Патологія (П)	5,78±0,09
3	П + контроль	5,82±0,14
4	П + зразок 1	5,92±0,25

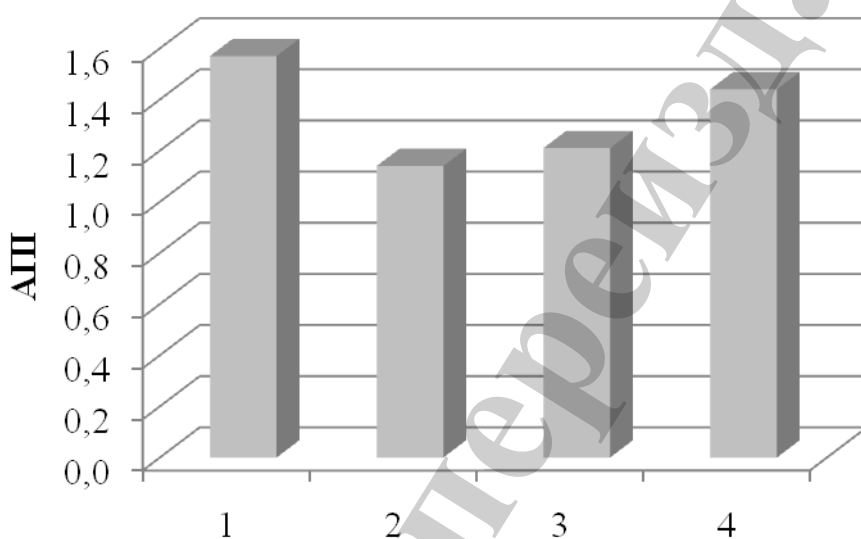


Рис. 9. Вплив харчових добавок на АПІ в печінці щурів з комбінованою патологією 1 – норма, 2 – патологія (П), 3 – П+контроль, 4 – П+зразок 1

За даними табл. 1 та рис. 9 встановлено, що активність каталази відносно патології збільшується при споживанні піддослідними тваринами хлібців на основі спельти (контроль), а при споживанні хлібців з розторопшею (зразок 1) досягає практично «норми» (табл. 1). Таким чином, на основі проведених досліджень зроблено висновок, що при експериментальному дисбіозі відбуваються порушення функціонування організму, а саме підсилюються процеси пероксидації ліпідів та послаблення захисних систем. При споживанні щурами раціону з включенням зернових хлібців на основі спельти (контроль) рівновага антиоксидантно-прооксидантних процесів у тканинах печінки відновлюється, однак не за всіма показниками. Але, при споживанні піддослідними тваринами хлібців з розторопшею (зразок 1) захисні властивості підвищувались. Це обумовлено хімічним складом рослинної добавки – розторопші.

Аналізуючи результати медико-біологічних досліджень нових зернових хлібців на основі спельти з розторопшею визначили, що вони володіють антиоксидантною активністю та гепатопротекторною дією.

## **6. Обговорення результатів біологічної активності та медико-біологічних досліджень нових зернових хлібців**

Високе значення БА спельти німецького походження «Schwabenkorn» по відношенню до пшениці сорту «Куяльник» обумовлено її поліпшеним амінокислотним складом, що підтверджується проведеними нами дослідженнями амінокислотного складу дослідних зразків. У той же час наявність у рослинних добавках речовин-антиоксидантів, а саме, флавоноїдів, антоціанів, аскорбінової кислоти, токоферолу обумовлює високе значення БА порошоків шипшини та горбини.

За рахунок включення збагачуючих добавок (порошків плодів розторопші, горбини, шипшини) до складу зернових хлібців на основі спельти спостерігається ефект синергізму взаємодії БАР складових компонентів, це призводить до отримання нових продуктів з високою біологічною цінністю.

На основі порівняльного аналізу біологічної активності розроблених зернових хлібців та хлібців відомих торгових марок встановлено, що нові продукти характеризується вищим значенням біологічної активності. Це свідчить про перспективність розробки та виведення на споживчий ринок нових продуктів на основі спельти.

Результати медико-біологічних досліджень підтверджують результати біологічної активності та свідчать, що зернові хлібці на основі спельти з включенням розторопші володіють антиоксидантною активністю та гепатопротекторною дією. Збагачені зернові хлібці знижують рівень печінкових маркерів практично до норми, що свідчить про гепатопротекторну ефективність хлібців з включенням плодів розторопші. Стосовно впливу добавки на ступінь дисбіозу та на вміст МДА встановлено, що нові зернові хлібці з включенням розторопші володіють антиоксидантними властивостями.

Отримані результати свідчать, про доцільність виробництва нових зернових хлібців на основі спельти з включенням збагачуючих рослинних добавок (порошку розторопші, горбини, шипшини). Це дозволить розширити асортимент продукції оздоровчого призначення та значно урізноманітнити традиційне харчування споживачів, що прагнуть до здорового образу життя.

Також результати досліджень можна рекомендувати до використання при розробці багатокомпонентних продуктів з заданими функціональними характеристиками. Але необхідно враховувати, що у кожній новій харчовій системі можуть спостерігатися ефекти синергізму та антагонізму міжмолекулярної взаємодії БАР компонентів у залежності від рецептурного складу продукту. Тому при розробці нових багатокомпонентних продуктів із заданими профілактичними властивостями доцільно проводити дослідження БА з метою виявлення синергетичних та антагоністичних ефектів, які виникають при взаємодії БАР вихідних компонентів.

Перспективами подальших досліджень є: проведення комплексної товарознавчої оцінки нових зернових хлібців на основі спельти; визначення оптимальних умов та термінів зберігання нових продуктів; розроблення комплексу маркетингових заходів щодо ефективного товаропросування нового продукту на споживчий ринок.

## 7. Висновки

1. На основі моніторингу аналізу біологічної активності нових зернових хлібців та компонентів, які входять до рецептури продуктів встановлено, що найвищим значенням біологічної активності характеризуються порошки шипшини та горбини активність яких складає – 2375 ум. од., 1250 ум. од. відповідно. Значення біологічної активності спельти у 2,55 разів вище, ніж пшениці та складає 156 ум. од.

2. Встановлено, що за рахунок включення рослинних добавок до складу зернових хлібців спостерігається ефект синергізму міжмолекулярної взаємодії БАР складових компонентів, а саме, введення добавок суттєво впливає на їх біологічну активність. Ефекту антагонізму при використанні збагачуючих добавок не зафіксовано. Найвищу біологічну активність мають хлібці з додаванням шипшини та горбини, активність їх складає 300 ум. од. та 265 ум. од. відповідно.

3. Результати медико-біологічних досліджень свідчать, що нові зернові хлібці з включенням порошків плодів розторопші знижують рівень печінкових маркерів практично до норми, що свідчить про гепатопротекторну ефективність даних продуктів. За результатами вивчення впливу розторопші на ступінь дисбіозу та на вміст МДА встановлено, що нові зернові хлібці володіють антиоксидантними властивостями.

4. На основі експериментальних досліджень встановлено, що обрані рослинні добавки (порошки шипшини, горбини, розторопші) біологічно активні і внесення їх до рецептури хлібців на основі спельти дає можливість отримати харчові продукти оздоровчого призначення з високою біологічною активністю та профілактичними властивостями.

## Література

1. Кисельов К. Ю. Статичне вивчення споживання продуктів харчування як основного чинника впливу на стан здоров'я населення України // Прикладна статистика: проблеми теорії і практики. 2015. № 17. С. 67–74.
2. Іоргачова К. Г., Лебеденко Т. Є. Хлібобулочні вироби оздоровчого призначення з використанням фітодобавок. Київ: К-прес, 2015. 464 с.
3. Acceptance of Functional Foods: A Comparison of French, American, and French Canadian Consumers / Labrecque J., Doyon M., Bellavance F., Kolodinsky J. // Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie. 2006. Vol. 54, Issue 4. P. 647–661. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.2006.00071.x>
4. Bleiel J. Functional foods from the perspective of the consumer: How to make it a success? // International Dairy Journal. 2010. Vol. 20, Issue 4. P. 303–306. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.11.009>
5. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Харчування як основний чинник збереження стану здоров'я населення // Проблемы старения и долголетия. 2016. Т. 25, № 2. С. 204–214.



6. Оттавей П. Б. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база. СПб.: Профессия, 2010. 312 с.
7. Дерканосова Н. М., Белокурова Е. В., Малютина Т. Н. Способ получения хлебцев хрустящих с хмелевым экстрактом: Пат. № 2363161 RU. № 2008112818/13; заявл. 02.04.2008; опубл. 10.08.2009.
8. Стальнова І. А., Чистяков В. П., Шабурова Г. В. Хлібець «ячмінний» при дисбактеріозі кишечника // Природ. і техн. науки. 2007. № 4. С. 269–271.
9. Абдели Д. Ж., Имансаева А. М. Способ производства зернового продукта – хлебцев из целого зерна пшеницы: Пат. № 19355 KZ. № A21D 8/02, A21D 13/02; опубл. 15.05.2008.
10. Wu R.-Y. A. Method for preparing a puffed grain food product and a puffed grain food product: Pat. No. 6805888 B2 US. No. 09/888170; declared: 22.06.2001; published: 19.10.2004.
11. Аналіз структури асортименту зернових хлібців, що реалізуються у роздрібній торговельній мережі м. Одеси / Мардар М. Р., Значек Р. Р., Лазуткіна А. В., Тарнавська К. // Зернові продукти і комбікорми. 2013. № 1. С. 13–15.
12. Пшениця спельта / Господаренко Г. М., Костоґриз П. В., Любич В. В. та ін.; ред. Г. М. Господаренко. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 312 с.
13. Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat, a review / Escarnot E., Jacquemin J.-M., Agneessens R., Paquot M. // Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2012. Vol. 16, Issue 2. P. 243–256.
14. Богатырева Т. Г., Иунихина Е. В., Степанова А. В. Использование полбяной муки в технологии хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. 2013. № 2. С. 40–43.
15. Kohajdová Z., Karovičová J. Nutritional value and baking applications of spelt wheat // Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 2008. Vol. 7, Issue 3. P. 5–14.
16. Pruska-Kedzior A., Kedzior Z., Klockiewicz-Kaminska E. Comparison of viscoelastic properties of gluten from spelt and common wheat // European Food Research and Technology. 2007. Vol. 227, Issue 1. P. 199–207. doi: <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0710-0>
17. Evaluation of antioxidative and diabetes-preventive properties of an ancient grain, KAMUT® khorasan wheat, in healthy volunteers / Trozzi C., Raffaelli F., Vignini A., Nanetti L., Gesuita R., Mazzanti L. // European Journal of Nutrition. 2017. doi: <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1579-8>
18. Шульпекова Ю. О. Флавоноиды расторопши пятнистой в лечении заболеваний печени // Русский медицинский журнал. 2004. № 5.
19. Характеристика расторопши – перспективного компонента хлебобулочных изделий / Пащенко Л. П., Санина Т. В., Пащенко В. Л. и др. // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 2005. № 9. С. 60.
20. Самородов В. Н., Кисличенко В. С., Остапчук А. А. Расторопша пятнистая: вопросы биологии, культивирования и применения. Полтава, 2008. 164 с.

21. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения. Фармакогнозия: учеб. пос. / ред. Г. П. Яковлев. СПб., 2006. 845 с.
22. Корсун В. Ф., Пупыкина К. А., Корсун Е. В. Лекарственные растения в гастроэнтерологии. М., 2008. 464 с.
23. Лубсандоржиева П. Б., Найданова Э. Г. Антиоксидантная активность гипополипидимического сбора и его компонентов IN VITRO // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2006. Т. 51, № 5. С. 228–230.
24. Формазюк В. И. Энциклопедия пищевых лекарственных растений. Киев: Изд-во «А.С.К.», 2003. 670 с.
25. Пектиновые полисахариды рябины обыкновенной *Sorbus aucuparia* L / Злобин А. А., Мартинсон Е. А., Литвинец С. Г. и др. // Химия растительного сырья. 2011. № 1. С. 39–44.
26. Сергунова Е. В., Сорокина А. А. Изучение фенольных соединений плодов и лекарственных форм шиповника методом ВЭЖХ // Фармация. 2012. № 5. С. 11–13.
27. Development of the formulation and quality assessment of immunostimulating fresh-mixes with a balanced potassium-protein composition / Dzyuba N., Telezhenko L., Kashkano M., Vikul S., Priss O., Zhukova V. et. al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 1, Issue 11 (91). P. 33–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.120880>
28. Ткаченко Н. А., Некрасов П. О., Вікуль С. І. Оптимізація рецептурного складу напою оздоровчого призначення на основі сироватки // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2016. Т. 1, № 10 (79). С. 49–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.59695>
29. Optimization of formulation composition of the crispbread with improved consumer properties / Mardar M., Tkachenko N., Znachek R., Leonardi C. // Technology audit and production reserves. 2017. Vol. 2, Issue 3 (34). P. 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.99941>
30. Спосіб визначення біологічної активності об'єктів природного походження: Пат. № 107506 UA / Капрельянц Л. В., Вікуль С. І., Осипова Л. А., Лозовська Т. С., Хомич Г. П. № u201302626; заявл. 04.03.2013; опубл. 12.01.2015, Бюл. № 1. 7 с.
31. Спосіб моделювання дисбіозу (дисбактеріозу): Пат. № 31012 UA / Цісельський Ю. В., Селіванська І. О., Гулавський В. Т., Почтар В. М., Розсаханова Л. М., Левицький А. П. № u200711609; заявл. 22.10.2007; опубл. 25.03.2008, Бюл. № 6.
32. Красильников В. Н., Баженова И. А., Смоленцева А. А. Физико-химические, товароведные и технологические свойства зерна полбы (*Triticum dicoccum* Schrank.) // Хранение и переработка сельхозсырья. 2005. № 1. С. 37–39.
33. Нилова Л. П. Антиоксидантная активность хлебобулочных изделий, обогащенных порошком из ягод голубики // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2014. Т. 2, № 4. С. 57–63.